

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-050337

(43)Date of publication of application : 21.02.2003

(51)Int.Cl.

G02B 6/36

(21)Application number : 2002-001324

(71)Applicant : NIPPON ELECTRIC GLASS CO
LTD

(22)Date of filing : 08.01.2002

(72)Inventor : FUNABIKI NOBUO
TAKEUCHI HIROKAZU
WADA MASANORI
NAKAJIMA SOTOHIRO
HORIBE SHOJIRO

(30)Priority

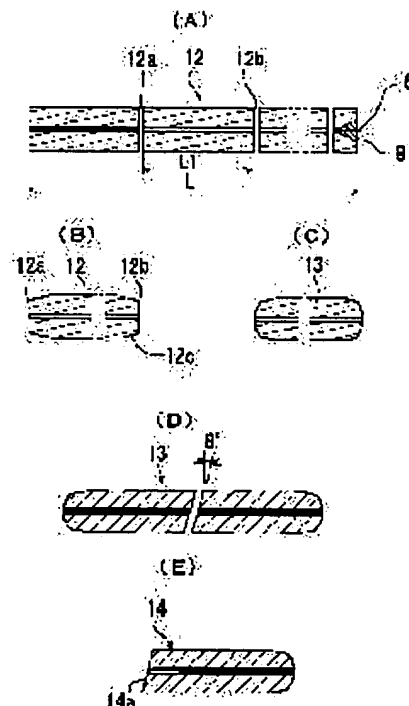
Priority number : 2001167050 Priority date : 01.06.2001 Priority country : JP

(54) METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL FIBER STUB, AND OPTICAL FIBER STUB

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing an highly reliable optical fiber stub capable of stably and accurately holding an optical fiber more efficiently than before, and to provide an optical fiber stub.

SOLUTION: Glass or crystallized glass in a softened state is molded into a long capillary tube which provides a plurality of short capillary tubes. A long optical fiber 6 is inserted over the almost entire length of the inner hole of the long capillary tube. The long capillary tube with the optical fiber 6 is cut into a plurality of first capillary tubes 12 with the optical fibers each having predetermined length, and the end faces 12a and 12b of the first



capillary tube with the optical fiber are polished. The optical fiber stub is thus manufactured and connected to an optical connector.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture approach of the optical fiber stub characterized by fabricating the glass or glass ceramics of a softening condition to the long capillary tube with which two or more short length capillary tubes are obtained, covering the abbreviation overall length of the inner hole of this long capillary tube, inserting a long optical fiber, cutting a long capillary tube with this optical fiber to the first two or more capillary tubes with an optical fiber which have predetermined die length, and grinding the end face of the capillary tube with an optical fiber of this first.

[Claim 2] The manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 1 characterized by carrying out PC polish of the end face of the first capillary tube with an optical fiber.

[Claim 3] The manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 2 which carries out PC polish of the end side of the first capillary tube with an optical fiber, and is characterized by grinding so that it may become the inclined plane which accomplishes the include angle of 0-30 degrees to the field which intersects an other end side perpendicularly with a medial axis.

[Claim 4] after carrying out PC polish of the both-ends side of the first capillary tube with an optical fiber -- this -- the second [which has predetermined die length so that it may become the inclined plane which accomplishes the include angle of 0-30 degrees to the field which intersects perpendicularly the first capillary tube with an optical fiber with a medial axis], and third capillary tubes with an optical fiber -- cutting -- this -- the manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 2

characterized by grinding the inclined plane of the second and third capillary tubes with an optical fiber.

[Claim 5] The manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 1 to 4 characterized by using the long capillary tube which has the coefficient of thermal expansion of under $7 \times 10^{-6}/K$.

[Claim 6] The manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 1 to 5 characterized by forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube by the quenching method or the ion-exchange method.

[Claim 7] The long capillary tube which consists of the glass or glass ceramics which penetrates light with a wavelength of 350-500nm 50% or more by 1mm in thickness is used. After filling up the inner hole of this long capillary tube with the adhesives of a photo-curing mold, a long optical fiber is continued and inserted in an abbreviation overall length. The manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 1 to 6 characterized by inserting a long optical fiber by stiffening adhesives and fixing an optical fiber to a long capillary tube by exposing.

[Claim 8] The manufacture approach of the optical fiber stub according to claim 1 to 7 characterized by inspecting the adhesion defect of an optical fiber by using the long capillary tube which has the light transmittance which penetrates light with a wavelength of 800nm - 2500nm 30% or more by 1mm in thickness, irradiating light with a wavelength of 800nm - 2500nm at the long capillary tube with which the optical fiber was inserted, and observing the transmitted light or transmission image.

[Claim 9] The optical fiber stub characterized by coming to be produced by which manufacture approach of claims 1-8, and connecting with an optical connector.

[Claim 10] The optical fiber stub according to claim 9 characterized by having the coefficient of thermal

expansion of under $7 \times 10^{-7}/K$.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical fiber stub (OpticalFiber Stub) used for manufacture of an optical device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, high performance and a cheap optical device are needed in large quantities with rapid development of an optical-communication network. The optical fiber stub of the shape of a cylinder which inserted the optical fiber in the precise capillary tube, and fixed with adhesives is used especially for the optical device of a plug mold and the optical device of a receptacle mold having an optical fiber.

[0003] For example, as shown in drawing 6, outgoing radiation is carried out from laser diode 1, and in order to adopt the lightwave signal condensed with the lens 2 to the optical fiber 4 in the optical connector plug 3, or since it condenses to the photodiode which does not illustrate the lightwave signal which carried out outgoing radiation from the optical fiber 4 of an optical connector plug, the module of such structure is used. By such module, in order to adopt the lightwave signal condensed with the lens 2, the optical fiber stub 5 holding an optical fiber 6 is used into inner hole 5a for the lightwave signal by which outgoing radiation is carried out.

[0004] In order to prevent that the reflected light goes into laser diode 1, and becomes a noise, polish processing of the end-face 5b by the side of the laser diode 1 (or photodiode) of this optical fiber stub 5 is carried out so that end-face 5b may accomplish the include angle of abundance to the incidence shaft of a lightwave signal. Furthermore, 5d of C chamfering of the edge is prepared in the periphery section, and convex surface polish for PC (physical contact) centering on an optical fiber 6 is carried out by end-face 5c of the opposite side so that the optical connector plug 3 and connection may be possible.

[0005] Processing of the end faces 5b and 5c of these optical fiber stub 5 is performed using the polish equipment of dedication, after fixing an optical fiber 6 with adhesives 8 in inner hole 7a of the ferrule 7 which constitutes the optical fiber stub 5, as shown in drawing 7.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the ferrule 7 is a configuration as shown in drawing 7 (A) and there is no flare section which guides an optical fiber 6 and makes insertion easy at inner hole 7a, When assembling the optical fiber stub 5 using a ferrule 7, after pouring adhesives 8 into inner hole 7a of a slightly larger bore than an optical fiber 6, An optical fiber 6 is inserted carefully, looking into a microscope, and the difficult activity of filling up homogeneity so that air bubbles etc. may not produce adhesives 8 in the gap of inner hole 7a and an optical fiber 6 is required. Therefore, the skilled effort is needed, and it assembles further, and since capacity is proportional to the number, the problem of becoming cost quantity has it.

[0007] Furthermore, when the inside of inner hole 7a of a ferrule 7 carries out extension shaping of the base material, a fresh field without dirt is done with a sufficient precision, but since the inside of inner hole 7a is soiled by subsequent cutting processing and processing of C chamfering-of-the-edge 7c with

cutting fluid, abrasives, and glass powder, the bore of inner hole 7a must be inspected. Although this inspection is conducting penetration inspection by the pin gauge, since there is no flare section also in this case, pin gauge insertion takes time and effort.

[0008] On the other hand, it is necessary to shave off all produced flare section 9a, and in the case of a ferrule 9 of a configuration like drawing 7 (B), for this reason, the removal cost by polish is large and polish takes a long time to it. On the other hand, if the diameter of opening of flare section 9a is made small in order to shorten the removal time amount of flare section 9a, insertion of an optical fiber 6 or a checking pin gauge will become difficult like the case of a ferrule 7.

[0009] Moreover, in the ferrules 7 and 9 of drawing 7, when an optical fiber 6 is fixed with adhesives 8, adhesive agent pocket ball 8a is formed in the end faces 7b and 9b of the side which performs PC polish processing (since the direction in which adhesive agent pocket ball 8a was formed becomes easy, PC polish). adhesive agent pocket ball 8a is made to form positively -- ****, when the outer diameter of ferrules 7 and 9 is $\phi 1.25\text{mm}$ Since it will be necessary to strip off like [the area of end-face 7b and 9b parts will be small, and] a cutter knife for the adhesives 8 which adhesives 8 protruded into the part of the C chamfering of the edge 7c and 9c, and fixed to the C chamfering of the edge 7c and 9c after PC polish There is a problem of a processing man day increasing and reducing the yield.

[0010] Moreover, when fixing an optical fiber 6 in an inner hole using the capillary tube made from a ceramic to ferrules 7 and 9, to the coefficients of thermal expansion of the optical fiber 6 which consists of quartz glass being abbreviation $5 \times 10^{-7}/\text{K}$, the coefficient of thermal expansion of the capillary tube made from a ceramic is as large as $8.3 \times 10^{-6}/\text{K}$, and the ejection pull-in effect happens to the end face of an optical fiber 6 located in end faces 7b and 9b by the temperature change. The reinforcement and the phase of a lightwave signal which spread other optics connected with an optical fiber 6 in connection with this phenomenon change, and there is also a trouble that the connection grace of a lightwave signal falls.

[0011] Moreover, when fixing an optical fiber 6 in the inner hole using the capillary tube made from a ceramic to ferrules 7 and 9, the capillary tube made from a ceramic hardly penetrates the light whose wavelength which the adhesives of a photo-curing mold generally harden is 350nm - 500nm. Therefore, the trouble that the adhesives of the photo-curing mold which has sensibility cannot be used is in a blue visible ray from ultraviolet rays.

[0012] Moreover, when fixing an optical fiber 6 in the inner hole using the capillary tube made from a ceramic to ferrules 7 and 9, since light 1000nm or more is hardly penetrated, the capillary tube made from the ceramics cannot carry out defective inspection in the capillary tube with an optical fiber which carried out insertion fixing of the optical fiber 6 using the laser beam in an infrared field 1000nm or more etc.

[0013] This invention was devised in view of the above-mentioned conventional trouble, and it is possible for it to be stabilized and to hold an optical fiber correctly, and it aims at offering the efficient producible manufacture approach of an optical fiber stub and an efficient producible optical fiber stub for a reliable optical fiber stub by leaps and bounds than before.

[0014]

[Means for Solving the Problem] The manufacture approach of the optical fiber stub concerning this invention The glass or glass ceramics of a softening condition is fabricated to the long capillary tube with which two or more short length capillary tubes are obtained. Cover the abbreviation overall length of the inner hole of this long capillary tube, insert a long optical fiber, and a long capillary tube with this optical fiber is cut to the first two or more capillary tubes with an optical fiber which have predetermined die length. Since it is characterized by grinding the end face of the capillary tube with an optical fiber of this first The process which the inside of the inner hole of a long capillary tube is not soiled, but carries out pin gauge inspection of the inner hole of a capillary tube since it is still the clean surface at the time of shaping becomes unnecessary. The adhesives to the inner hole of a capillary tube and the insertion also of the process which decreases sharply and shaves off overflowing adhesives of an optical fiber are lost, and they become possible [reducing the number of assemblers of an optical fiber stub more sharply than before].

[0015] When fabricating the glass or glass ceramics of a softening condition to a long capillary tube by this invention, extension shaping of the base material of the shape of tubing which consists of the glass or glass ceramics processed into the precision may be carried out, a long capillary tube may be produced, and a long capillary tube may be produced by fabricating the fused glass or glass ceramics to a precision by it. ***** [capillary tube / two or more / this long capillary tube may have the overall length which can obtain two or more short length capillary tubes with an optical fiber used in order to produce an optical approximate circle column-like device member, and / there ***** / thing / of single die length / two or more short length capillary tubes with an optical fiber in this case, and / thing / of several sorts of die length].

[0016] Furthermore, if the overall length of a long capillary tube is 20mm or more, two or more optical device members produced from a capillary tube with an optical fiber with an overall length of less than 10mm will be obtained. Moreover, since adhesives will be made as for heat treatment to homogeneity with the heating furnace of easy for an inner hole and that homogeneity can be filled up, and existing if the overall length of a capillary tube is 500mm or less, it is desirable.

[0017] The silica glass fiber used for high-speed optical communication as an optical fiber of the long picture which fixes to a long capillary tube is usable, and it is convenient, even if the optical fiber does not need to be fixed even to the point of the long capillary tube which is processed behind and removed that an overall length is covered mostly and adhesion immobilization should just be carried out of the inner hole of a long capillary tube or the optical fiber has projected some from the end face.

[0018] Moreover, since it is characterized by the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention carrying out PC polish of the end face of the first capillary tube with an optical fiber, by making PC connection with an optical connector plug, the produced optical fiber stub can prevent reflection of a lightwave signal, and is produced more efficiently than before.

[0019] Moreover, the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention Since PC polish of the end side of the first capillary tube with an optical fiber is carried out and it is characterized by grinding so that it may become the inclined plane which accomplishes preferably 0-30 degrees of include angles of 5-15 degrees to the field which intersects an other end side perpendicularly with a medial axis PC connection can be made with an optical connector plug, and the produced optical fiber stub is produced more efficiently than before while it prevents reflection of a lightwave signal to laser diode or a photodiode.

[0020] Moreover, the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention As opposed to the field which intersects perpendicularly the capillary tube with an optical fiber of this first with a medial axis after carrying out PC polish of the both-ends side of the first capillary tube with an optical fiber 0-30 degrees, the second [which has predetermined die length so that it may become the inclined plane which accomplishes the include angle of 5-15 degrees preferably], and third capillary tubes with an optical fiber -- cutting -- this, since it is characterized by grinding the inclined plane of the second and third capillary tubes with an optical fiber The useless, effective use of a long capillary tube which is not is attained, and polish becomes possible about the other end side of a capillary tube with an optical fiber for a short time.

[0021] Moreover, the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention Since it is characterized by using the long capillary tube which has the coefficient of thermal expansion of under $7 \times 10^{-6}/K$ Change of extent which has a bad influence on the reinforcement and the phase of the lightwave signal which spreads the optical fiber of the quartz system held in connection with temperature changes, such as atmospheric temperature, and other optics does not produce the produced optical fiber stub. It is produced possible [maintaining the connection grace of a lightwave signal at the predetermined range] more efficiently than before.

[0022] Moreover, the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention Since it is characterized by forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube by the quenching method or the ion-exchange method By forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube, and making mechanical strength strengthen Even if it has some cracks etc. by machining, also when external force is applied at the time of an intense heat shock starting, or the time

of handling, breakage does not take place, but it becomes possible to deal with it easily, without being missing.

[0023] Although extent whose strengthening improves is not high when forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube with a quenching method (quenching), it becomes possible to be stabilized without almost varying and to raise reinforcement.

[0024] When forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube according to the ion exchange, extent whose strengthening improves becomes high. If it is the glass or glass ceramics containing the ion of alkali elements, such as Li and Na, as a long capillary tube which performs ion exchange treatment, it is usable and boro-silicated glass with comparatively high toughness, the glass ceramics of a RISHIA-alumina-silicate system, etc. are suitable as glass.

[0025] Moreover, the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention The long capillary tube which consists of the glass or glass ceramics which penetrates light with a wavelength of 350-500nm 50% or more by 1mm in thickness is used. After filling up the inner hole of this long capillary tube with the adhesives of a photo-curing mold, a long optical fiber is continued and inserted in an abbreviation overall length. Since it is characterized by inserting a long optical fiber by stiffening adhesives and fixing an optical fiber to a long capillary tube by exposing, it becomes possible to insert a long optical fiber for a short time, and the assembly time amount of an optical fiber stub can be shortened sharply.

[0026] Moreover, the manufacture approach of the optical fiber stub of this invention The long capillary tube which has the light transmittance which penetrates light with a wavelength of 800nm - 2500nm 30% or more by 1mm in thickness is used. Light with a wavelength of 800nm - 2500nm is irradiated at the long capillary tube with which the optical fiber was inserted, and since it is characterized by inspecting the adhesion defect of an optical fiber by observing the transmitted light or transmission image, it becomes possible to inspect easily a long picture capillary tube with an optical fiber by non-contact.

[0027] The optical fiber stub of this invention is characterized by coming to be produced by which the above-mentioned manufacture approach, and connecting with an optical connector.

[0028] By this invention, the optical fiber stub connected with an optical connector It has the inner hole and peripheral face which consist of glass or glass ceramics, for example, specifically have dimensional accuracy equivalent to the cylindrical ferrule for optical connectors. While meaning that can compare what have the almost same cross-section dimension inside the cylinder which was excellent in the straightness, and it can connect, it means removing the optical connector which has the special configuration of the biconical mold which is made to carry out fitting and carries out location ***** on a conic front face.

[0029] Since the long capillary tube with an optical fiber is used, the optical fiber stub produced by the above-mentioned manufacture approach is produced efficiently. Moreover, according to the optical fiber stub by which the end face was produced using the first capillary tube with an optical fiber by which PC polish was carried out, it is produced that PC connection is possible and efficiently. According to the optical fiber stub which has the inclined plane which accomplishes the include angle of 0-30 degrees to the field which intersects an other end side perpendicularly with a medial axis, PC connection is possible and whenever [optical axial angle / of acid resisting and close outgoing radiation light] can amend. Use the first capillary tube with an optical fiber which carried out PC polish of the both-ends side, and it is cut by the second [which has predetermined die length so that it may become the inclined plane which accomplishes the include angle of 0-30 degrees to the field which intersects perpendicularly the first capillary tube with an optical fiber with a medial axis], and third capillary tubes with an optical fiber. Since it comes to grind these inclined planes, according to the optical fiber stub produced very efficiently, the optical fiber stub which whenever [optical axial angle / of acid resisting and close outgoing radiation light] can amend is produced very efficiently possible [PC connection]. According to the optical fiber stub which has the coefficient of thermal expansion of under $7 \times 10^{-6}/K$, it is produced more efficiently than before possible [change of extent which has a bad influence on the reinforcement and the phase of the lightwave signal which spreads the optical fiber of the quartz system held in

connection with temperature changes, such as atmospheric temperature, and other optics not arising, and maintaining the connection grace of a lightwave signal at the predetermined range]. According to the optical fiber stub which has a compressive-stress layer on the front face of a long capillary tube by the quenching method or the ion-exchange method, even if it has some cracks etc. by machining, also when external force is applied at the time of an intense heat shock starting, or the time of handling, breakage does not take place, but it becomes possible to deal with it easily, without being missing. According to the optical fiber stub which consists of the glass or crystallization glass which penetrates light with a wavelength of 350-500nm 50% or more by 1mm in thickness, assembly time amount is produced efficiently for a short time. According to the optical fiber stub which has penetrating [30% or more]-by 1mm in thickness-light with a wavelength of 800nm - 2500nm light transmittance, by observing the transmitted light or transmission image, the adhesion defect of an optical fiber is inspected and dependability is maintained highly.

[0030] Moreover, the optical fiber stub of this invention is characterized by having the coefficient of thermal expansion of under $7 \times 10^{-7}/K$.

[0031] Since it has the coefficient of thermal expansion of under $7 \times 10^{-7}/K$, the optical fiber stub of this invention is produced more efficiently than before possible [change of the reinforcement of a lightwave signal or a phase which spreads the optical fiber of the quartz system held in connection with temperature changes, such as atmospheric temperature, and other optics hardly arising, and maintaining the high connection grace of a lightwave signal].

[0032] As mentioned above, according to this invention, it becomes possible to reduce sharply the man day for producing easily the optical fiber stub in which comparison connection is possible with an optical connector.

[0033]

[Embodiment of the Invention] First, with an example of the optical fiber stub concerning this invention, preforming made from glass ceramics which has the presentation shown in Table 1, for example is prepared.

[0034]

[Table 1]

試料組成		1	2	3	4	5
ガラス組成 (質量%)	SiO ₂	57.8	66.3	67.4	64.3	65.6
	Al ₂ O ₃	24.6	18.2	18.6	18.0	18.2
	Li ₂ O	2.7	2.3	2.3	2.5	2.0
	K ₂ O	7.0	3.4	3.5	5.0	3.4
	TiO ₂	2.8	1.8	3.0	3.0	1.5
	ZrO ₂	3.2	1.8	1.8	2.0	1.8
	ZnO	1.0	3.1	2.0	3.1	3.6
	MgO	—	1.0	1.0	1.0	1.5
	CaO	—	—	—	0.4	0.6
	BaO	—	—	—	0.5	1.4
	B ₂ O ₃	—	—	2.0	—	—
	Na ₂ O	0.4	—	—	—	—
	P ₂ O ₅	—	—	0.4	—	—
	As ₂ O ₃	0.5	—	—	0.2	0.1
	Bi ₂ O ₃	—	2.1	—	—	—
結晶化条件 (℃)						
核形成温度		780	780	790	790	780
結晶成長温度		1000	1000	980	1050	1000
主結晶		β-石英	β-石英	β-石英	β-石英	β-石英

[0035] As for the crystallization glass used for preforming, $2.7 \times 10^{-6}/K$, and Vickers hardness penetrate [a coefficient of thermal expansion] light with a wavelength of 800nm - 2500nm about 30% by 680kg/mm in 1mm in 2 and thickness.

[0036] Moreover, in other optical fiber stubs of this invention, about 5 mass % content of Na₂O is done, and a coefficient of thermal expansion prepares preforming made from boro-silicated glass to which $5 \times 10^{-6}/K$, and Vickers hardness penetrate light with a wavelength of 350nm - 500nm 80% or more by 680kg/mm in 1mm in 2 and thickness.

[0037] Drawing 1 is extension shaping of glass or glass ceramics, and the explanatory view of ion exchange treatment. When producing a long capillary tube, as shown in drawing 1 (A), the preforming object 15 of the glass or glass ceramics which has a hole 18 at the core is produced first. Next, the preforming object 15 is attached in extension shaping equipment 19, and it heats with an electric furnace 16, and extension shaping is carried out at the glass capillary tube 10 which has an inner hole, controlling by the driving roller which does not illustrate the extension Plastic solid which came out from the furnace in tension, and predetermined predetermined cross-section dimension and configuration. A cutter 17 cuts in die length of about 250mm after this extension shaping.

[0038] When forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube with a quenching method (quenching), a glass front face is made to generate a compressive-stress layer by sprayed and quenching cold blast and a refrigerant to the glass capillary tube 10 which has predetermined cross-section dimension and configuration which came out from the furnace.

[0039] Next, when strengthening according to the ion exchange, as shown in drawing 1 R> 1 (B), about 250mm glass capillary tube 10 is immersed for about 10 hours into the fused salt 23 of KNO₃ held at about 400-degreeC in the ion-exchange tub 22. Then, washing removes KNO₃ and the capillary tube

which increased more than twice compared with what has the anti-chip box reinforcement unsettled as mechanical strength by three-point bending is obtained. In this ion exchange treatment, by permuting the glass of the condition of drawing 1 (C) at temperature lower than annealing temperature, and alkali ion with a larger ionic radius (K^+) than it permuting the alkali ion in glass (Na^+ or Li^+ which is not illustrated), and considering as the condition of drawing 1 (D), a compressive-stress layer strong against a glass front face is generated, and practical strength is increased. If it does in this way, since ** deformation from which thermal tempering by air jets twice [more than] the reinforcement of ** is obtained and which receives neither ** configuration nor a thick limit will not take place, the descriptions that close dimensional accuracy is obtained, like ** sample maintenance does not exfoliate like ** protective coat in which a difficult wafer is also possible are acquired.

[0040] Next, as shown in drawing 2 (A), when the include angle at the tip which sintered the diamond abrasive grain carries out high-speed rotation of the tool 20 which is about 90 degrees and carries out cutting a core [inner hole 11a] from the end face of a glass capillary tube, flare section 11e of an approximate circle drill configuration is formed, and the long capillary tube 11 is produced.

[0041] Moreover, with the gestalt of other operations, as shown in drawing 2 (B), flare section 11e is attached to the edge of the long capillary tube 11 by pressing fit in the edge and end of a glass long picture capillary tube the other end of the capillary tube 21 which has approximate circle drill-like flare section 11e from the both ends of a split sleeve, respectively, comparing in a split sleeve 24, and making inner hole 11a of the long capillary tube 11 adjust inner hole 21a of a capillary tube 21.

[0042] Or with the gestalt of other operations, as shown in drawing 2 (C), flare section 11e of an approximate circle drill configuration is formed in the edge of the long capillary tube 11 by protecting the external surface of a glass capillary tube by the acid-proof coat 25 made of resin, and immersing an edge in the glass corrosion nature solution 27 in the etching tub 26.

[0043] Thus, the produced long capillary tube 11 It has high roundness with the dimension the outer diameter of whose is $1.249mm \pm 0.5\text{micrometer}$. Inner hole 11a It is $126\text{micrometer} +1/-0\text{micrometer}$ to the diameter of 125 micrometers of a silica glass fiber. And concentricity is less than 1 micrometer, and an optical fiber 6 is correctly positioned to approximate circle column-like MU mold or the ferrule for LC mold optical connectors whose call diameter D is 1.25mm, and it can hold now. Flare section 11e of the approximate circle drill configuration which guides an optical fiber 6 and makes insertion easy is formed in the end face of the long capillary tube 11.

[0044] As shown in drawing 3 , after filling up beforehand inner hole 11a of the produced long capillary tube 11 with adhesives 8 like drawing 3 (A) first using capillarity, a vacuum aspirator, or a pressurization injector, the optical fiber 6 with which covering was removed from flare section 11e is inserted like drawing 3 (B). Under the present circumstances, adhesives 8 insert an optical fiber 6 so that air bubbles etc. may not arise in the gap of inner hole 11a and an optical fiber 6.

[0045] At the time after adhesives 8 restoration of insertion of the attenuation optical fiber 6 or about the long capillary tube 11 which consists of glass ceramics which penetrate light with a wavelength of 800-2500nm 30% or more by 1mm in thickness like drawing 3 after insertion (D) Irradiate the light R with a wavelength of 800-2500nm from the light source which is not illustrated, make the long capillary tube 11 penetrate, and the usual lighting is used about the transparent glass long capillary tube 11. The condition and defect of adhesives 8 of the long capillary tube 11 and the attenuation optical fiber 6 are inspected by observing the transmitted light or a transmission image by viewing or the sensor. Then, adhesives 8 are stiffened only for what passed inspection, and the attenuation optical fiber 6 is fixed to the long capillary tube 11.

[0046] That it is what the long capillary tube 11 becomes from the boro-silicated glass which penetrates light with a wavelength of 350nm - 500nm 80% or more by 1mm in thickness in case an optical fiber 6 is fixed like drawing 3 (C) Since the adhesives 8 of the photo-curing mold which has sensibility from ultraviolet rays to a predetermined light between blue visible rays can be used, fixing of an optical fiber 6 is possible in a short time of number 10 seconds by, for example, applying about 350nm ultraviolet rays U.

[0047] Moreover, when adhesives 8 are thermosetting, it puts into the heating oven 30 programmed by

the predetermined temperature schedule like drawing 3 (C), and the adhesives 8 in the long capillary tube 11 are stiffened. In this case, for example, the case of the adhesives hardened by holding at 100 degrees C for 1 hour or more, generating of the contraction stress produced at the time of adhesive setting and air bubbles can be reduced by hardening adhesives above holding at 20-70 degrees C for 5 hours or more, and 100 degrees C, and holding at 70-20 degrees C for 1 hour or more at the time of a temperature fall.

[0048] About the long capillary tube 11 which consists of glass ceramics which penetrate light with a wavelength of 800-2500nm 30% or more by 1mm in thickness like drawing 3 (D) after fixing of an optical fiber 6 Irradiate the light R with a wavelength of 800-2500nm from the light source which is not illustrated, and the usual lighting is used about the transparent glass long capillary tube 11. The long capillary tube 11 is made to penetrate and the condition and defect of adhesives 8 of the long capillary tube 11 and an optical fiber 6 are inspected by observing the transmitted light or a transmission image by viewing or the sensor.

[0049] The long capillary tube 11 which inserted the optical fiber 6 produced by this invention As shown in drawing 4 , it has inner hole 11a and peripheral face 11b of dimensional accuracy equivalent to MU mold of the shape of an approximate circle column whose call diameter D is 1.25mm, or the ferrule for LC mold optical connectors. The long picture capillary tube 11 which is two or more or more times of the short length capillary tube with an optical fiber of overall lengths L1, L2, and L3 and L4 grade and which has the overall length L of 250mm, and where an optical fiber 6 is inserted in the inner hole 11a, adhesion immobilization is carried out by the adhesives 8 of an epoxy system.

[0050] When producing an optical fiber stub, as shown in drawing 5 , the long capillary tube 11 with an optical fiber whose overall length is about 250mm is cut, and an overall length L1 divides to 20 12.5mm (6mmx2+ cutting margin: predetermined die length : 0.4mm+ polish cost : 0.1mm) capillary tubes 12 with an optical fiber. C chamfering-of-the-edge 12c which accomplishes the include angle of about 45 degrees to a tube axis to the both-ends sides 12a and 12b of this capillary tube 12 with an optical fiber is processed, and R processing of the corner part which C chamfering-of-the-edge 12c and a side face accomplish is done. Subsequently, the member 13 with an optical fiber is produced by carrying out PC polish processing of the both-ends sides 12a and 12b at the shape of the rough convex spherical surface.

[0051] Next, as shown in drawing 5 (D), the include angle of 8 degrees is given and cut to the field which intersects perpendicularly the central part of the member 13 with an optical fiber with a medial axis. Subsequently, the cut 8-degree slanting part is ground to a mirror plane, inclined plane 14a is formed, and the optical fiber stub 14 is produced.

[0052] Or C chamfering-of-the-edge 12c is processed into end-face 12a of the capillary tube 12 with an optical fiber whose overall length L1 is 6mm, R processing of the corner part which C chamfering-of-the-edge 12c and a side face accomplish is done, and PC polish processing of the end-face 12a is carried out at the convex spherical surface. Slanting polish of it is carried out until the include angle of 8 degrees attaches end-face 12b, and finally it is ground to a mirror plane, finishes inclined plane 14a, and produces the optical fiber stub 14.

[0053] Thus, the produced optical fiber stub 14 is incorporated in housing equipped with the member which has precision alignment functions, such as a rate sleeve and a receptacle, and serves as an optical device.

[0054] In addition, 2.5 etc.mm other than 1.25mm of the diameter of the optical fiber stub 14 etc. is sufficient. Furthermore, the capillary tube made from glass ceramics in which extension shaping is possible may be used for the optical device as which reinforcement is required.

[0055] Moreover, in other optical fiber stubs of this invention, the glass ceramics which have the almost same coefficient of thermal expansion as a silica glass fiber, for example, the N[by Nippon Electric Glass Co., Ltd.]-0 grade which has the coefficient of thermal expansion of $-6 \times 10^{-7}/K$ by having deposited beta-quartz solid-solution crystal, may be used.

[0056]

[Effect of the Invention] According to the manufacture approach of the optical fiber stub concerning this invention, it can compare with an optical connector as mentioned above, and the optical fiber stub which

can constitute the exact light device of the reliable varieties are stabilized, can position and using the optical fiber can be efficiently produced by leaps and bounds by the man day sharply smaller than before in a connectable location.

[0057] Since the long capillary tube with an optical fiber is used according to the optical fiber stub produced by the manufacture approach of the optical fiber stub concerning above-mentioned this invention, according to the optical fiber stub by which it is efficiently produced and the end face was produced using the first capillary tube with an optical fiber by which PC polish was carried out, it is produced that PC connection is possible and efficiently. According to the optical fiber stub produced by grinding so that it may become the inclined plane which accomplishes the include angle of 0-30 degrees to the field which carries out PC polish of the end side of the first capillary tube with an optical fiber, and intersects an other end side perpendicularly with a medial axis While preventing reflection of a lightwave signal to laser diode or a photodiode After being able to make PC connection with an optical connector plug and carrying out PC polish of the both-ends side of the first capillary tube with an optical fiber, It cuts to the second [which has predetermined die length so that it may become the inclined plane which accomplishes the include angle of 0-30 degrees to the field which intersects perpendicularly the capillary tube with an optical fiber of this first with a medial axis], and third capillary tubes with an optical fiber. this -- according to the optical fiber stub produced by grinding the inclined plane of the second and third capillary tubes with an optical fiber, the useless, effective use of a long capillary tube which is not is attained, and polish becomes possible about the other end side of a capillary tube with an optical fiber for a short time. Moreover, according to the optical fiber stub produced by using the long capillary tube which has the coefficient of thermal expansion of under $7 \times 10^{-6}/K$ It is produced more efficiently than before possible [change of extent which has a bad influence on the reinforcement of the lightwave signal which spreads the attenuation optical fiber of the quartz system held in connection with temperature changes, such as atmospheric temperature, and other optics not arising, and maintaining the connection grace of a lightwave signal at the predetermined range]. According to the optical fiber stub produced by forming a compressive-stress layer in the front face of a long capillary tube by the quenching method or the ion-exchange method, even if it has some cracks etc. by machining, also when external force is applied at the time of an intense heat shock starting, or the time of handling, breakage does not take place, but it becomes possible to deal with it easily, without being missing. The long capillary tube which consists of the glass or glass ceramics which penetrates light with a wavelength of 350-500nm 50% or more by 1mm in thickness is used. After filling up the inner hole of this long capillary tube with the adhesives of a photo-curing mold, a long optical fiber is continued and inserted in an abbreviation overall length. According to the optical fiber stub produced by inserting a long optical fiber by stiffening adhesives and fixing an optical fiber to a long capillary tube by exposing, assembly time amount is produced efficiently for a short time. The long capillary tube which has 30% or more of light transmission nature for light with a wavelength of 800nm - 2500nm by 1mm in thickness is used. According to the optical fiber stub produced by inspecting the adhesion defect of an optical fiber by irradiating light with a wavelength of 800nm - 2500nm at the long capillary tube with which the optical fiber was inserted, and observing the transmitted light or transmission image By observing the transmitted light or transmission image, the adhesion defect of an attenuation optical fiber is inspected and dependability is maintained highly. Thus, the optical fiber stub of this invention does the practically excellent effectiveness so.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-50337
(P2003-50337A)

(43) 公開日 平成15年2月21日 (2003.2.21)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 2 B 6/36

識別記号

F I
C 0 2 B 6/36

データベース* (参考)
2 H 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-1324 (P2002-1324)
(22) 出願日 平成14年1月8日 (2002.1.8)
(31) 優先権主張番号 特願2001-167050 (P2001-167050)
(32) 優先日 平成13年6月1日 (2001.6.1)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000237243
日本電気硝子株式会社
滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号
(72) 発明者 船引 伸夫
滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本電
気硝子株式会社内
(72) 発明者 竹内 宏和
滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本電
気硝子株式会社内
(72) 発明者 和田 正紀
滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本電
気硝子株式会社内

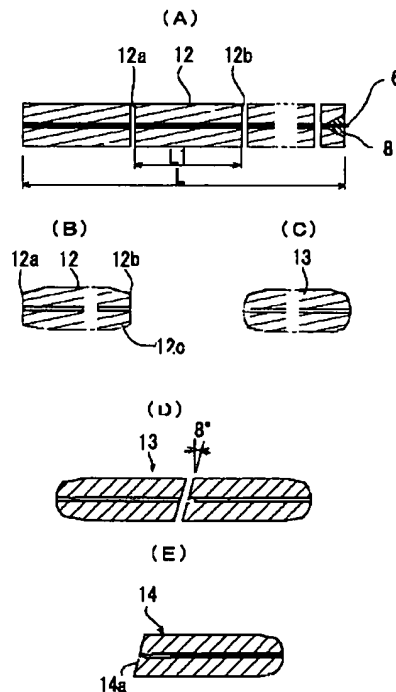
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバスタブの製造方法及び光ファイバスタブ

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバを安定して正確に保持することが可能であり、信頼性が高い光ファイバスタブを従来よりも飛躍的に効率よく作製可能な光ファイバスタブの製造方法及び光ファイバスタブを提供すること。

【解決手段】 本発明は、軟化状態のガラスまたは結晶化ガラスを短尺の毛細管が複数本得られる長尺毛細管に成形し、この長尺毛細管の内孔の略全長に亘って長尺の光ファイバ6を挿着し、光ファイバ6付の長尺毛細管を所定の長さを有する複数本の第一の光ファイバ付毛細管12に切断し、第一の光ファイバ付毛細管の端面12a、12bを研磨する光ファイバスタブの製造方法、及び、このように作製され、光コネクタと接続される光ファイバスタブ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軟化状態のガラスまたは結晶化ガラスを短尺の毛細管が複数本得られる長尺毛細管に成形し、該長尺毛細管の内孔の略全長に亘って長尺の光ファイバを挿着し、該光ファイバ付の長尺毛細管を所定の長さを有する複数本の第一の光ファイバ付毛細管に切断し、該第一の光ファイバ付毛細管の端面を研磨することを特徴とする光ファイバスタブの製造方法。

【請求項2】 第一の光ファイバ付毛細管の端面をPC研磨することを特徴とする請求項1に記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項3】 第一の光ファイバ付毛細管の一端面をPC研磨し、他端面を中心軸と直交する面に対して $0\sim 30^\circ$ の角度を成す傾斜面となるように研磨することを特徴とする請求項2に記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項4】 第一の光ファイバ付毛細管の両端面をPC研磨した後、該第一の光ファイバ付毛細管を中心軸と直交する面に対して $0\sim 30^\circ$ の角度を成す傾斜面となるように所定の長さを有する第二及び第三の光ファイバ付毛細管に切断し、該第二及び第三の光ファイバ付毛細管の傾斜面を研磨することを特徴とする請求項2に記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項5】 $7\times 10^{-6}/K$ 未満の熱膨張係数を有する長尺毛細管を使用することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項6】 急冷法またはイオン交換法により長尺毛細管の表面に圧縮応力層を形成することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項7】 厚さ1mmで波長350～500nmの光を50%以上透過するガラスまたは結晶化ガラスからなる長尺毛細管を使用し、該長尺毛細管の内孔に光硬化型の接着剤を充填した後、長尺の光ファイバを略全長に亘って挿入し、露光することにより接着剤を硬化させて光ファイバを長尺毛細管に固着することにより長尺の光ファイバを挿着することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項8】 厚さ1mmで波長800nm～2500nmの光を30%以上透過する光透過率を有する長尺毛細管を使用し、光ファイバが挿着された長尺毛細管に波長800nm～2500nmの光を照射し、その透過光あるいは透過像を観察することにより光ファイバの接着欠陥を検査することを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光ファイバスタブの製造方法。

【請求項9】 請求項1～8の何れかの製造方法により作製されてなり、光コネクタと接続されることを特徴とする光ファイバスタブ。

【請求項10】 $7\times 10^{-7}/K$ 未満の熱膨張係数を有することを特徴とする請求項9に記載の光ファイバスタ

ブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光デバイスの製造に用いられる光ファイバスタブ (Optical Fiber Stub) に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信網の急速な発達により、高性能かつ安価な光デバイスが大量に必要となっている。特に、光ファイバを内蔵したプラグ型の光デバイスやレセプタクル型の光デバイスには、精密な毛細管に光ファイバを挿入して接着剤で固着した円柱状の光ファイバスタブが使用される。

【0003】例えば、図6に示すように、レーザーダイオード1から出射され、レンズ2によって集光された光信号を光コネクタプラグ3中の光ファイバ4に取り入れるために、または、光コネクタプラグの光ファイバ4から出射した光信号を図示しないフォトダイオードに集光するため、このような構造のモジュールが使用されている。このようなモジュールでは、レンズ2で集光された光信号を取り入れるため、または、出射される光信号のために、内孔5a中に光ファイバ6を保持する光ファイバスタブ5が使用されている。

【0004】この光ファイバスタブ5のレーザーダイオード1 (またはフォトダイオード) 側の端面5bは反射光がレーザーダイオード1に入ってノイズになることを防止するために光信号の入射軸に対して端面5bが数度の角度を成すように研磨加工されている。さらに反対側の端面5cは、光コネクタプラグ3と接続が可能なように周縁部にC面取5dが設けられて光ファイバ6を中心としたPC (物理的接触) のための凸曲面研磨がされている。

【0005】これら光ファイバスタブ5の端面5b、5cの加工は、図7に示すように、光ファイバスタブ5を構成するフェルール7の内孔7a内に光ファイバ6を接着剤8で固着した後、専用の研磨装置を用いて行われている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、フェルール7は、図7 (A) に示すような形状になっており、光ファイバ6を案内して内孔7aに挿入を容易にするフレア部がないため、フェルール7を用いて光ファイバスタブ5を組み立てる場合、光ファイバ6よりも僅かに大きい内径の内孔7aに接着剤8を注入した後、顕微鏡を覗きながら慎重に光ファイバ6を挿入し、接着剤8を内孔7aと光ファイバ6の隙間に気泡等が生じないように均一に充填するという困難な作業が要求される。そのため、熟練した労力が必要となり、さらに組み立て能力は人数に比例するのでコスト高になるという問題がある。

【0007】さらに、フェルール7の内孔7a内は、母

材を延伸成形する時に汚れないフレッシュな面が精度よくでき上がるが、その後の切断加工やC面取7cの加工によって内孔7a内が切削液や研磨材、ガラス粉で汚されるため、必ず内孔7aの内径を検査しなければならない。この検査は、ピンゲージによる貫通検査を行っているが、この際にもフレア部がないためピンゲージ挿入に手間がかかる。

【0008】一方、図7(B)のような形状のフェルール9の場合、作製したフレア部9aを全て削り取る必要があり、このため研磨による除去代が大きく、研磨に長時間を要する。他方、フレア部9aの除去時間を短縮するためにフレア部9aの開口径を小さくすると、フェルール7の場合と同様に光ファイバ6や検査用ピンゲージの挿入が困難になってしまう。

【0009】また、図7のフェルール7、9では、光ファイバ6を接着剤8で固着した時に、PC研磨加工を施す側の端面7b、9bに接着剤溜まり8aを形成する（接着剤溜まり8aを形成した方がPC研磨が容易になるので、積極的に接着剤溜まり8aを形成させている）が、フェルール7、9の外径がφ1.25mmの場合、端面7b、9b部分の面積が小さく、接着剤8がC面取7c、9cの部分にはみ出してしまい、PC研磨後にC面取7c、9cに固着した接着剤8をカッターナイフのようなものではぎ取る必要が生じるので、加工工数が増加して歩留まりを低下させるという問題がある。

【0010】また、フェルール7、9にセラミック製の毛細管を用いて、内孔に光ファイバ6を固着する場合、石英ガラスからなる光ファイバ6の熱膨張係数は約 $5 \times 10^{-7}/K$ であるのに対して、セラミック製の毛細管の熱膨張係数は $8.3 \times 10^{-6}/K$ と大きく、温度変化により端面7b、9bに位置する光ファイバ6の端面に突き出し引込み現象が起こる。この現象に伴って光ファイバ6と接続される他の光学部品とを伝搬する光信号の強度や位相が変化し、光信号の接続品位が低下するという問題点もある。

【0011】また、フェルール7、9にセラミック製の毛細管を用いて、その内孔に光ファイバ6を固着する場合、セラミック製の毛細管は、光硬化型の接着剤が一般に硬化する波長が350nm～500nmの光を殆ど透過しない。そのため、紫外線から青色の可視光線に感度を有する光硬化型の接着剤を使用することができないという問題点がある。

【0012】また、フェルール7、9にセラミック製の毛細管を用いて、その内孔に光ファイバ6を固着する場合、セラミックス製の毛細管は、1000nm以上の光を殆ど透過しないので、1000nm以上の赤外線領域にあるレーザー光線等を利用して光ファイバ6を挿入固着した光ファイバ付毛細管内の欠陥検査をすることが不可能である。

【0013】本発明は、上記従来の問題点に鑑みて考案

されたもので、光ファイバを安定して正確に保持することが可能であり、信頼性が高い光ファイバスタブを従来よりも飛躍的に効率よく作製可能な光ファイバスタブの製造方法及び光ファイバスタブを提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光ファイバスタブの製造方法は、軟化状態のガラスまたは結晶化ガラスを短尺の毛細管が複数本得られる長尺毛細管に成形し、該長尺毛細管の内孔の略全長に亘って長尺の光ファイバを挿着し、該光ファイバ付の長尺毛細管を所定の長さを有する複数本の第一の光ファイバ付毛細管に切断し、該第一の光ファイバ付毛細管の端面を研磨することを特徴とするので、長尺毛細管の内孔内は汚されず成形時の清浄な表面のままなので、毛細管の内孔をピンゲージ検査する工程が不要になり、毛細管の内孔への接着剤及び光ファイバの挿入作業が激減し、はみ出した接着剤を削り取る工程もなくなり、光ファイバスタブの組み立て工数を従来よりも大幅に削減することが可能となる。

【0015】本発明で、軟化状態のガラスまたは結晶化ガラスを長尺毛細管に成形する場合、精密に加工したガラスまたは結晶化ガラスからなる管状の母材を延伸成形して長尺毛細管を作製してもよく、熔融したガラスまたは結晶化ガラスを精密に成形することにより長尺毛細管を作製してもよい。この長尺毛細管は、略円柱状の光デバイス部材を作製するために使用する短尺の光ファイバ付毛細管を複数本得られる全長を有するものであり、この際の短尺の光ファイバ付毛細管は、単一の長さのものを複数本でもよく、数種の長さのものを複数本でもよい。

【0016】さらに、長尺毛細管の全長が20mm以上であれば、全長10mm未満の光ファイバ付毛細管から作製される光デバイス部材が複数本得られる。また、毛細管の全長が500mm以下であれば接着剤を内孔に容易かつ均一に充填可能で既存の加熱炉で均一に熱処理ができるので好ましい。

【0017】長尺毛細管に固着する長尺の光ファイバとしては、高速度な光通信に使用される石英系光ファイバ等が使用可能であり、長尺毛細管の内孔のほぼ全長に亘って接着固定されればよく、後に加工されて除去される長尺毛細管の先端部にまで光ファイバが固定されている必要はなく、あるいは光ファイバが端面から多少突き出しているても支障がない。

【0018】また、本発明の光ファイバスタブの製造方法は、第一の光ファイバ付毛細管の端面をPC研磨することを特徴とするので、作製された光ファイバスタブは光コネクタプラグとPC接続を行うことにより光信号の反射を防止することができ、かつ従来よりも効率よく作製されている。

【0019】また、本発明の光ファイバスタブの製造方

法は、第一の光ファイバ付毛細管の一端面をPC研磨し、他端面を中心軸と直交する面に対して $0\sim 30^\circ$ 、好ましくは $5\sim 15^\circ$ の角度を成す傾斜面となるように研磨することを特徴とするので、作製された光ファイバスタブはレーザーダイオードやフォトダイオードに光信号の反射を防止すると共に、光コネクタプラグとPC接続を行うことができ、かつ従来よりも効率よく作製されている。

【0020】また、本発明の光ファイバスタブの製造方法は、第一の光ファイバ付毛細管の両端面をPC研磨した後、該第一の光ファイバ付毛細管を中心軸と直交する面に対して $0\sim 30^\circ$ 、好ましくは $5\sim 15^\circ$ の角度を成す傾斜面となるように所定の長さを有する第二及び第三の光ファイバ付毛細管に切断し、該第二及び第三の光ファイバ付毛細管の傾斜面を研磨することを特徴とするので、長尺毛細管の無駄のない有効な使用が可能となり、光ファイバ付毛細管の他端面を短時間で研磨可能となる。

【0021】また、本発明の光ファイバスタブの製造方法は、 $7\times 10^{-6}/\text{K}$ 未満の熱膨張係数を有する長尺毛細管を使用することを特徴とするので、作製された光ファイバスタブは気温等の温度変化にともなって保持した石英系の光ファイバと他の光学部品とを伝搬する光信号の強度や位相に悪影響を及ぼす程度の変化が生じることがなく、光信号の接続品位を所定範囲に保つことが可能であり、かつ従来よりも効率よく作製されている。

【0022】また、本発明の光ファイバスタブの製造方法は、急冷法またはイオン交換法により長尺毛細管の表面に圧縮応力層を形成することを特徴とするので、長尺毛細管の表面に圧縮応力層を形成して機械強度を強化させることによって、機械加工により多少のキズ等を有するものであっても、激しい熱ショックがかかった際や取り扱い時に外力がかかった際にも破損が起らず、欠けることもなく、容易に取り扱うことが可能となる。

【0023】長尺毛細管の表面に急冷法(クエンチング)によって圧縮応力層を形成する場合、強化の向上する程度は高くないが、殆どばらつくことなく安定して強度を向上させることが可能となる。

【0024】長尺毛細管の表面にイオン交換により圧縮応力層を形成する場合、強化の向上する程度が高くなる。イオン交換処理を行う長尺毛細管としては、Li、Na等のアルカリ元素のイオンを含有するガラスまたは結晶化ガラスであれば使用可能であり、ガラスとしては比較的靱性の高いホウ珪酸ガラスやリシアールミナーシリケート系の結晶化ガラス等が適している。

【0025】また、本発明の光ファイバスタブの製造方法は、厚さ1mmで波長 $350\sim 500\text{ nm}$ の光を50%以上透過するガラスまたは結晶化ガラスからなる長尺毛細管を使用し、該長尺毛細管の内孔に光硬化型の接着剤を充填した後、長尺の光ファイバを略全長に亘って挿

入し、露光することにより接着剤を硬化させて光ファイバを長尺毛細管に固着することにより長尺の光ファイバを挿着することを特徴とするので、短時間で長尺の光ファイバを挿着することが可能となり、光ファイバスタブの組み立て時間を大幅に短縮することができる。

【0026】また、本発明の光ファイバスタブの製造方法は、厚さ1mmで波長 $800\text{ nm}\sim 2500\text{ nm}$ の光を30%以上透過する光透過率を有する長尺毛細管を使用し、光ファイバが挿着された長尺毛細管に波長 $800\text{ nm}\sim 2500\text{ nm}$ の光を照射し、その透過光あるいは透過像を観察することにより光ファイバの接着欠陥を検査することを特徴とするので、光ファイバ付長尺毛細管を非接触で容易に検査することが可能となる。

【0027】本発明の光ファイバスタブは、上記の何れかの製造方法により作製されてなり、光コネクタと接続されることを特徴とする。

【0028】本発明で、光コネクタと接続される光ファイバスタブとは、具体的には、ガラスまたは結晶化ガラスからなり、例えば、光コネクタ用の円柱状フェルールと同等の寸法精度を有する内孔および外周面を備えており、ほぼ同じ断面寸法を有するもの同士を真直度の優れた筒の内部で突き合わせ接続が可能であることを意味すると共に、円錐状の表面で嵌合させて位置あわせするバイコニカル型等の特殊形状を有する光コネクタを除くことを意味している。

【0029】上記の製造方法により作製された光ファイバスタブは、光ファイバ付の長尺毛細管を使用しているので、効率よく作製されたものである。また、端面がPC研磨された第一の光ファイバ付毛細管を使用して作製された光ファイバスタブによれば、PC接続が可能で効率よく作製されている。他端面を中心軸と直交する面に対して $0\sim 30^\circ$ の角度を成す傾斜面を有する光ファイバスタブによれば、PC接続が可能で、かつ、反射防止および入射光の光軸角度が補正可能である。両端面をPC研磨した第一の光ファイバ付毛細管を使用し、第一の光ファイバ付毛細管を中心軸と直交する面に対して $0\sim 30^\circ$ の角度を成す傾斜面となるように所定の長さを有する第二及び第三の光ファイバ付毛細管に切断され、これらの傾斜面が研磨されてなるので、非常に効率よく作製された光ファイバスタブによれば、PC接続が可能で、かつ、反射防止および入射光の光軸角度が補正可能である光ファイバスタブが非常に効率よく作製されている。 $7\times 10^{-6}/\text{K}$ 未満の熱膨張係数を有する光ファイバスタブによれば、気温等の温度変化にともなって保持した石英系の光ファイバと他の光学部品とを伝搬する光信号の強度や位相に悪影響を及ぼす程度の変化が生じることがなく、光信号の接続品位を所定範囲に保つことが可能であり、かつ従来よりも効率よく作製されている。急冷法またはイオン交換法により長尺毛細管の表面に圧縮応力層を有する光ファイバスタブによれば、機械

加工により多少のキズ等を有するものであっても、激しい熱ショックがかかった際や取り扱い時に外力がかかった際にも破損が起らず、欠けることもなく、容易に取り扱うことが可能となる。厚さ1mmで波長350～500nmの光を50%以上透過するガラスまたは結晶化ガラスからなる光ファイバスタブによれば、組み立て時間が短時間で効率よく作製されている。厚さ1mmで波長800nm～2500nmの光を30%以上透過するの光透過率を有する光ファイバスタブによれば、その透過光あるいは透過像を観察することにより光ファイバの接着欠陥を検査されており、信頼性が高く維持されている。

【0030】また、本発明の光ファイバスタブは、 $7 \times 10^{-7}/K$ 未満の熱膨張係数を有することを特徴とする。

【0031】本発明の光ファイバスタブは、 7×10^{-7}

$/K$ 未満の熱膨張係数を有するので、気温等の温度変化にともなって保持した石英系の光ファイバと他の光学部品とを伝搬する光信号の強度や位相の変化がほとんど生じることがなく、光信号の高い接続品位を保つことが可能であり、かつ従来よりも効率よく作製されている。

【0032】以上のように、本発明によれば、光コネクタと容易に突き合わせ接続が可能な光ファイバスタブを作製するための工数を大幅に低減することが可能となる。

【0033】

【発明の実施の形態】まず、本発明に係る光ファイバスタブの一例では、例えば、表1に示す組成を持つ結晶化ガラス製のプリフォームを準備する。

【0034】

【表1】

試料No.		1	2	3	4	5
ガラス組成 (質量%)	SiO ₂	57.8	56.3	57.4	54.3	55.9
	Al ₂ O ₃	24.6	18.2	16.6	18.0	18.2
	Li ₂ O	2.7	2.8	2.3	2.5	2.0
	K ₂ O	7.0	3.4	3.5	5.0	3.4
	TiO ₂	2.8	1.8	3.0	3.0	1.5
	ZrO ₂	3.2	1.8	1.8	2.0	1.8
	ZnO	1.0	3.1	2.0	3.1	3.8
	MgO	-	1.0	1.0	1.0	1.5
	CaO	-	-	-	0.4	0.8
	BaO	-	-	-	0.5	1.4
	B ₂ O ₃	-	-	2.0	-	-
	Na ₂ O	0.4	-	-	-	-
	P ₂ O ₅	-	-	0.4	-	-
	As ₂ O ₃	0.5	-	-	0.2	0.1
	Bi ₂ O ₃	-	2.1	-	-	-
結晶化条件 (°C)						
核形成温度		780	780	790	780	780
結晶成長温度		1000	1000	980	1050	1000
主結晶		ホウ珪酸ガラス	ホウ珪酸ガラス	ホウ珪酸ガラス	ホウ珪酸ガラス	ホウ珪酸ガラス

【0035】プリフォームに用いる結晶化ガラスは、熱膨張係数が $2.7 \times 10^{-6}/K$ 、ビッカース硬度が680kg/mm²、厚さ1mmで波長800nm～2500nmの光を約30%透過するものである。

【0036】また、本発明の他の光ファイバスタブでは、Na₂Oを約5質量%含有し、熱膨張係数が $5 \times 10^{-6}/K$ 、ビッカース硬度が680kg/mm²、厚さ1mmで波長350nm～500nmの光を80%以上

透過するホウ珪酸ガラス製のプリフォームを準備する。

【0037】図1はガラスまたは結晶化ガラスの延伸成形およびイオン交換処理の説明図である。長尺毛細管を作製する場合、まず、図1(A)に示すように、中心に孔18を有するガラスまたは結晶化ガラスの予備成形体15を作製する。次に、予備成形体15を延伸成形装置19に取り付けて、電気炉16によって加熱し、炉から出てきた延伸成形体を図示しない駆動ローラーで引張

り、所定の断面寸法・形状に制御しながら内孔を有するガラス毛細管10に延伸成形する。この延伸成形の後、カッター17により長さ約250mmに切断する。

【0038】長尺毛細管の表面に急冷法(クエンチング)によって圧縮応力層を形成する場合、炉から出てきた所定の断面寸法・形状を有するガラス毛細管10に冷風や冷媒を吹き付けて急冷することによりガラス表面に圧縮応力層を発生させる。

【0039】次に、イオン交換により強化する場合、図1(B)に示すように、約250mmのガラス毛細管10をイオン交換槽22内の約400°Cに保持されたKNO₃の熔融塩23中に約10時間浸漬する。その後、洗浄によりKNO₃を除去し、機械強度として3点曲げによる抗折強度が未処理のものに比べて2倍以上に増加した毛細管を得る。このイオン交換処理では、図1(C)の状態のガラスを徐冷温度よりも低い温度でガラス中のアルカリイオン(Na⁺または図示しないLi⁺)を、それよりもイオン半径の大きいアルカリイオン(K⁺)で置換して図1(D)の状態とすることにより、ガラス表面に強い圧縮応力層を発生させて実用強度を増大させる。このようにすれば、①風冷強化の2倍以上の強度が得られる、②形状や肉厚の制限を受けない、③変形が起こらないため高い寸法精度が得られる、④試料保持が困難な小片でも可能である、⑤保護膜のように剥離することがない等の特徴が得られる。

【0040】次に、図2(A)に示すように、ダイヤモンド砥粒を焼結した先端の角度が約90°のツール20を高速回転させ、ガラス毛細管の端面から内孔11aを中心に切削加工することにより、略円錐形状のフレア部11eを形成して長尺毛細管11を作製する。

【0041】また、他の実施の形態では、図2(B)に示すように、割りスリーブの両端からガラス長尺毛細管の端部及び一端に略円錐状のフレア部11eを有する毛細管21の他端を夫々圧入して割りスリーブ24中で突き合わせ長尺毛細管11の内孔11aに毛細管21の内孔21aを整合させることにより、長尺毛細管11の端部にフレア部11eを付設する。

【0042】或いは、他の実施の形態では、図2(C)に示すように、ガラス毛細管の外面を樹脂製の耐酸性皮膜25で保護し、端部をエッチング槽26中のガラス浸食性溶液27に浸漬することにより、長尺毛細管11の端部に略円錐形状のフレア部11eを形成する。

【0043】このようにして作製された長尺毛細管11は、その外径が1.249mm±0.5μmの寸法で高い真円度を有しており、内孔11aは、石英系光ファイバの直径125μmに対して126μm+1/-0μmになっており、かつ同心度が1μm以内であり、呼び直径Dが1.25mmの略円柱状のMU型またはLC型光コネクタ用フェルールに対して光ファイバ6を正確に位置決めして保持できるようになっている。長尺毛細管1

1の端面には、光ファイバ6を案内して挿入を容易にする略円錐形状のフレア部11eが形成されている。

【0044】図3に示すように、まず、作製された長尺毛細管11の内孔11aに図3(A)のように、予め接着剤8を毛管現象または真空吸引装置または加圧注入装置を利用して充填した後、図3(B)のように、フレア部11eから被覆が除去された光ファイバ6を挿入する。この際、接着剤8が内孔11aと光ファイバ6の間隙に気泡等が生じないように光ファイバ6を挿入する。

【0045】接着剤8充填後または、減衰光ファイバ6の挿入時または、挿入後図3(D)のように、厚さ1mmで波長800~2500nmの光を30%以上透過する結晶化ガラスからなる長尺毛細管11については、図示しない光源から波長800~2500nmの光Rを照射して長尺毛細管11を透過させ、透明なガラス製の長尺毛細管11については通常の照明を使用して、透過光あるいは透過像を目視またはセンサ等で観察することにより長尺毛細管11と減衰光ファイバ6との接着剤8の状態や欠陥を検査する。その後、検査を合格したものだけを接着剤8を硬化させて減衰光ファイバ6を長尺毛細管11に固着する。

【0046】光ファイバ6を固着する際、長尺毛細管11が厚さ1mmで波長350nm~500nmの光を80%以上透過するホウ珪酸ガラスからなるものであると、図3(C)のように、紫外線から青色の可視光線の間の所定の光に対して感度を有する光硬化型の接着剤8が使用できるので、例えば、約350nmの紫外線Uを当てることにより数十秒という短時間で光ファイバ6の固着が可能である。

【0047】また、接着剤8が熱硬化性の場合は、図3(C)のように、所定の温度スケジュールにプログラムされた加熱オープン30に入れて長尺毛細管11内の接着剤8を硬化させる。この際、例えば、100°Cで1時間以上保持することで硬化する接着剤の場合、20~70°Cにて5時間以上保持すること、および100°C以上で接着剤を硬化し、降温時に70~20°Cにて1時間以上保持することにより、接着剤硬化時に生じる収縮応力、気泡の発生を低減することができる。

【0048】光ファイバ6の固着後、図3(D)のように、厚さ1mmで波長800~2500nmの光を30%以上透過する結晶化ガラスからなる長尺毛細管11については、図示しない光源から波長800~2500nmの光Rを照射し、透明なガラス製の長尺毛細管11については通常の照明を使用して、長尺毛細管11を透過させ、透過光あるいは透過像を目視またはセンサ等で観察することにより長尺毛細管11と光ファイバ6との接着剤8の状態や欠陥を検査する。

【0049】本発明により作製される光ファイバ6を挿着した長尺毛細管11は、図4に示すように、呼び直径Dが1.25mmの略円柱状のMU型またはLC型光コ

ネクタ用フェールと同等の寸法精度の内孔11aおよび外周面11bを備え、全長L1、L2、L3、L4等の光ファイバ付短尺毛細管の複数倍以上である、例えば、250mmの全長Lを有する長尺毛細管11と、その内孔11aに光ファイバ6が挿入された状態でエポキシ系の接着剤8により接着固定されているものである。

【0050】光ファイバスタブを作製する場合、図5に示すように、全長が約250mmの光ファイバ付の長尺毛細管11を切断して、全長L1が12.5mm（所定の長さ：6mm×2+切断代：0.4mm+研磨代：0.1mm）の20本の光ファイバ付毛細管12に分断する。この光ファイバ付毛細管12の両端面12a、12bに管軸に対して約45°の角度を成すC面取12cを加工し、C面取12cと側面とが成すコーナー部分をR加工する。次いで、両端面12a、12bを略凸球面状にPC研磨加工することにより、光ファイバ付部材13を作製する。

【0051】次に、図5(D)に示すように、光ファイバ付部材13の中央部分を、中心軸と直交する面に対して8°の角度をつけて切断する。次いで、切断された8°の斜め部分を鏡面に研磨して傾斜面14aを形成し、光ファイバスタブ14を作製する。

【0052】あるいは、全長L1が6mmの光ファイバ付毛細管12の端面12aにC面取12cを加工し、C面取12cと側面とが成すコーナー部分をR加工し、端面12aを凸球面にPC研磨加工する。端面12bは8°の角度がつくまで斜め研磨し、最後に鏡面まで研磨して傾斜面14aを仕上げて光ファイバスタブ14を作製する。

【0053】このようにして作製された光ファイバスタブ14は、割スリーブやレセプタクル等の精密位置合わせ機能を有する部材を備えたハウジング内に組み込まれて光デバイスとなる。

【0054】なお、光ファイバスタブ14の直径は、1.25mm以外の2.5mm等でもよい。さらに、強度が要求される光デバイスには、延伸成形が可能な結晶化ガラス製の毛細管を使用してもよい。

【0055】また、本発明の他の光ファイバスタブでは、石英系光ファイバとほとんど同じ熱膨張係数を有する結晶化ガラス、例えば、 β -石英固溶体結晶を析出させたことにより $-6 \times 10^{-7}/K$ の熱膨張係数を有する日本電気硝子株式会社製N-0等を使用してもよい。

【0056】

【発明の効果】本発明に係る光ファイバスタブの製造方法によれば、以上のように光コネクタと突き合わせ接続可能な位置に正確かつ安定して位置決め可能で、光ファイバを用いた信頼性の高い多種類の光デバイスを構成可能な光ファイバスタブを、従来よりも大幅に少ない工数で飛躍的に効率よく作製することができる。

【0057】上記の本発明に係る光ファイバスタブの製

造方法により作製された光ファイバスタブによれば、光ファイバ付の長尺毛細管を使用しているので、効率よく作製されており、端面がPC研磨された第一の光ファイバ付毛細管を使用して作製された光ファイバスタブによれば、PC接続が可能で効率よく作製されている。第一の光ファイバ付毛細管の一端面をPC研磨し、他端面を中心軸と直交する面に対して0~30°の角度を成す傾斜面となるように研磨することにより作製された光ファイバスタブによれば、レーザーダイオードやフォトダイオードに光信号の反射を防止すると共に、光コネクタラグとPC接続を行うことができ、第一の光ファイバ付毛細管の両端面をPC研磨した後、該第一の光ファイバ付毛細管を中心軸と直交する面に対して0~30°の角度を成す傾斜面となるように所定の長さを有する第二及び第三の光ファイバ付毛細管に切断し、該第二及び第三の光ファイバ付毛細管の傾斜面を研磨することにより作製された光ファイバスタブによれば、長尺毛細管の無駄のない有効な使用が可能となり、光ファイバ付毛細管の他端面を短時間で研磨可能となる。また、 $7 \times 10^{-6}/K$ 未満の熱膨張係数を有する長尺毛細管を使用することにより作製された光ファイバスタブによれば、気温等の温度変化にともなって保持した石英系の減衰光ファイバと他の光学部品とを伝搬する光信号の強度に悪影響を及ぼす程度の変化が生じることがなく、光信号の接続品位を所定範囲に保つことが可能であり、かつ従来よりも効率よく作製されている。急冷法またはイオン交換法により長尺毛細管の表面に圧縮応力層を形成することにより作製された光ファイバスタブによれば、機械加工により多少のキズ等を有するものであっても、激しい熱ショックがかかった際や取り扱い時に外力がかかった際にも破損が起こらず、欠けることもなく、容易に取り扱うことが可能となる。厚さ1mmで波長350~500nmの光を50%以上透過するガラスまたは結晶化ガラスからなる長尺毛細管を使用し、該長尺毛細管の内孔に光硬化型の接着剤を充填した後、長尺の光ファイバを略全長に亘って挿入し、露光することにより接着剤を硬化させて光ファイバを長尺毛細管に固着することにより長尺の光ファイバを挿着することにより作製された光ファイバスタブによれば、組み立て時間が短時間で効率よく作製されている。厚さ1mmで波長800nm~2500nmの光を30%以上の光透過性を有する長尺毛細管を使用し、光ファイバが挿着された長尺毛細管に波長800nm~2500nmの光を照射し、その透過光あるいは透過像を観察することにより光ファイバの接着欠陥を検査することにより作製された光ファイバスタブによれば、その透過光あるいは透過像を観察することにより減衰光ファイバの接着欠陥を検査されており、信頼性が高く維持されている。このように本発明の光ファイバスタブは実用上優れた効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光ファイバスタブの製造方法の説明図であって、(A)はガラスまたは結晶化ガラスの延伸成形の説明図、(B)はイオン交換処理の説明図、(C)はイオン交換前の状態を示す図、(D)はイオン交換後の状態を示す図。

【図2】長尺毛細管の端部に光ファイバを挿入するフレア部を設ける説明図であって、(A)は長尺毛細管の端部にダイヤモンド砥粒を焼結したツールで切削加工することにより略円錐形状のフレア部を形成する説明図、(B)は割りスリーブの両端から一端に略円錐状のフレア部を有する毛細管ともう一端から長尺毛細管を夫々圧入して突き合わせ長尺毛細管の端部にフレア部を付設する説明図、(C)はエッチングにより、長尺毛細管の端部に略円錐形状のフレア部を形成する説明図。

【図3】長尺毛細管に光ファイバを挿着する説明図であって、(A)は長尺毛細管に接着剤を充填する説明図、(B)は(A)の長尺毛細管に光ファイバを挿入する説明図、(C)は接着剤を固化する説明図、(D)は接着の状態や欠陥を検査する方法の説明図。

【図4】本発明に用いる光ファイバ付長尺毛細管の断面図。

【図5】本発明の光ファイバ付長尺毛細管を用いて光ファイバスタブを作製する際の実施例の説明図であり、(A)は光ファイバ付長尺毛細管から所定長さに切断された光ファイバ付毛細管の説明図、(B)は端面を面取り加工された光ファイバ付毛細管の説明図、(C)は光ファイバ付部材の説明図、(D)は光ファイバ付部材を斜めに分断する説明図(E)は光ファイバスタブの説明図。

【図6】光モジュールに使用される光ファイバスタブの説明図。

【図7】従来の光ファイバスタブの製造方法の説明図。

【符号の説明】

1 レーザーダイオード

2 レンズ

5a、7a、11a、21a 内孔

5b、5c、7b、9b、11c、11d、12a、1

2b 端面

3 光コネクタプラグ

4、6 光ファイバ

5、14 光ファイバスタブ

7、9 フェルルール

5d、7c、9c、12c C面取

8 接着剤

8a 接着剤溜まり

9a、11e フレア部

10 ガラス毛細管

11 長尺毛細管

11b 外周面

12 光ファイバ付毛細管

13 光ファイバ付部材

14a 傾斜面

15 ガラスまたは結晶化ガラスの予備成形体

16 電気炉

17 カッター

18 孔

19 延伸成形装置

20 ツール

21 毛細管

22 イオン交換槽

23 熔融塩

24 割りスリーブ

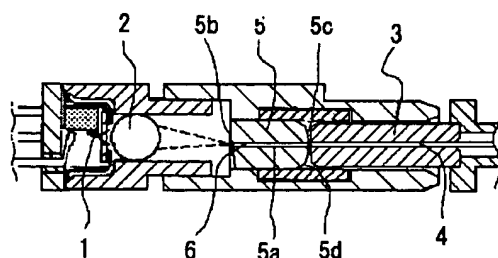
25 耐酸性被膜

26 エッチング槽

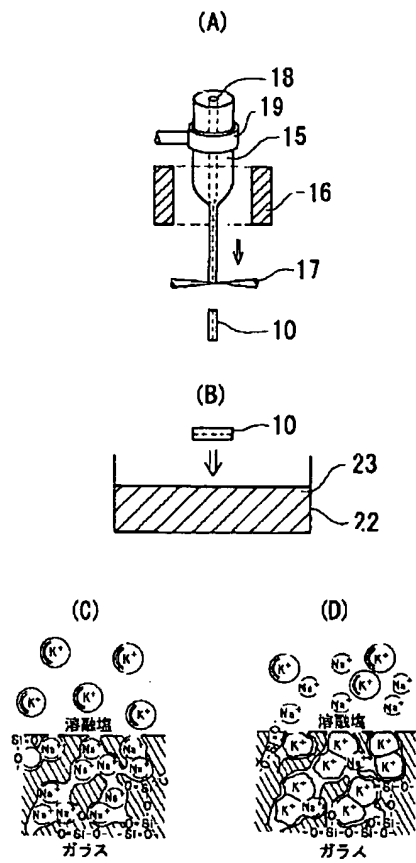
27 ガラス浸食性溶液

30 加熱オープン

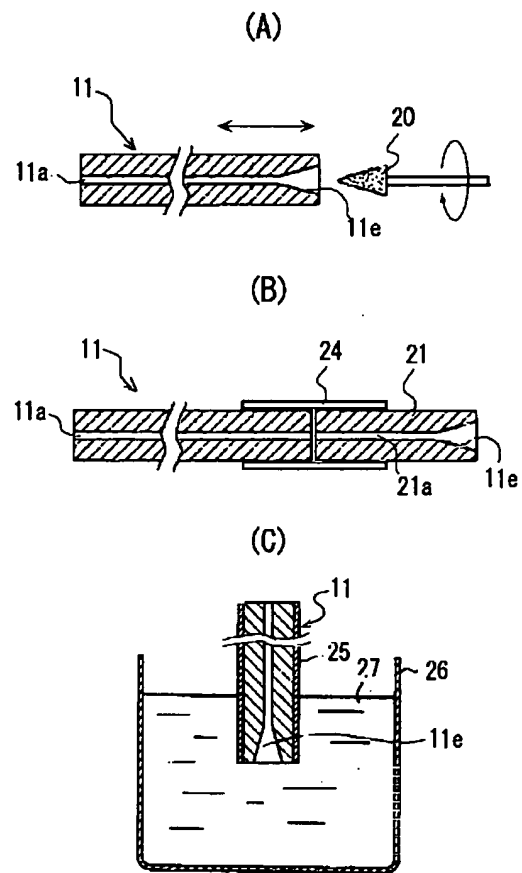
【図6】



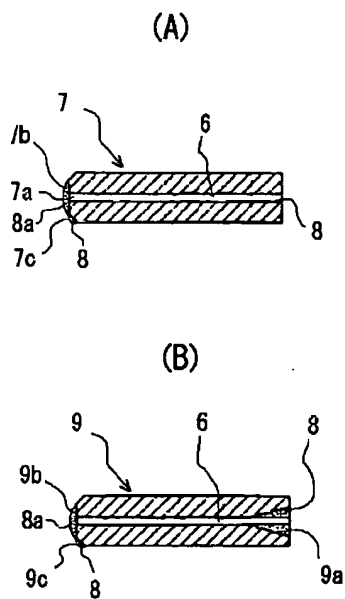
【図1】



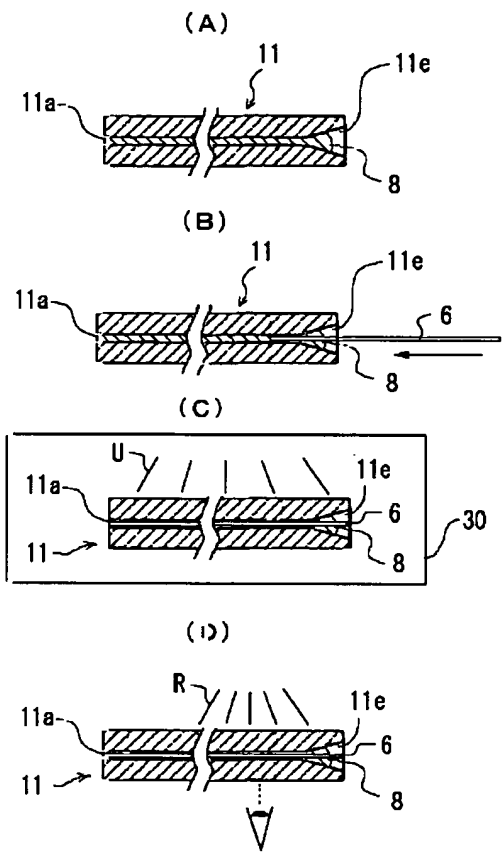
【図2】



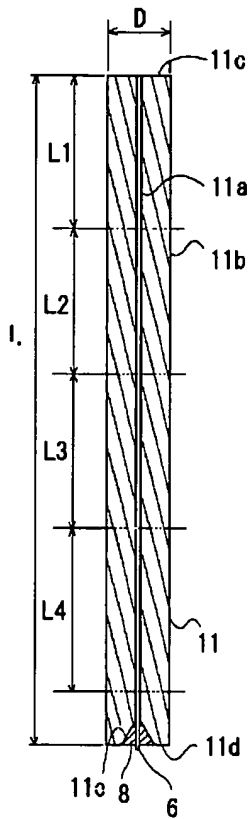
【図7】



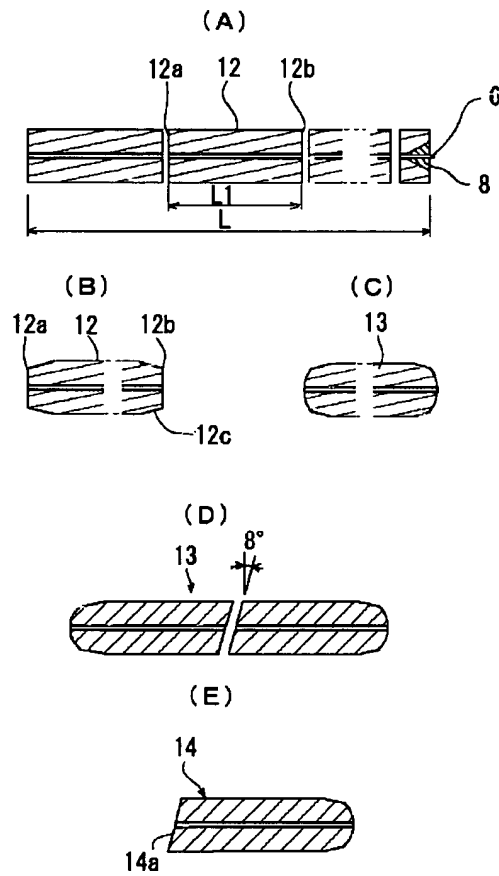
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 中島 外博
滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本電
気硝子株式会社内

(72)発明者 堀部 昇二郎
滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号 日本電
気硝子株式会社内
Fターム(参考) 2H036 QA17 QA20 QA45